

El objeto giratorio más grande del Universo

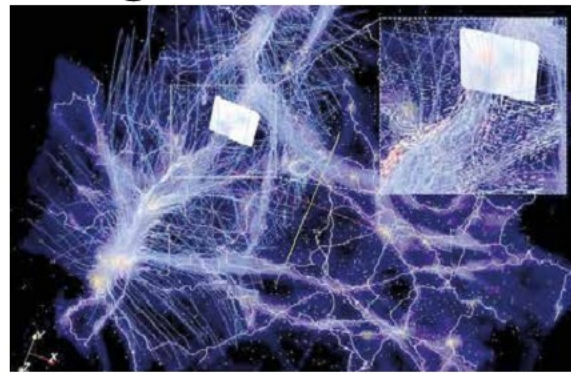
R. CABRERA-TRUJILLO

El proceso de girar (dar vueltas sobre un eje) es muy común en el Universo. Las lunas lo hacen, las estrellas lo hacen, incluso galaxias enteras lo hacen. Momentos después del Big Bang, la materia no giraba; luego, a medida que se formaban estrellas y galaxias, comenzaron a girar, consecuencia de la dinámica interna. Hasta ahora, los cúmulos de galaxias eran las estructuras giratorias más grandes conocidas. En física teórica, particularmente en discusiones de teorías de gravitación, el principio de Mach (o conjetura de Mach) es el nombre dado por Einstein a una hipótesis acreditada al físico y filósofo Ernst Mach. El propósito de la hipótesis era intentar explicar cómo los objetos giratorios mantienen un marco de referencia, como giroscopios y cuerpos celestes giratorios. La idea es que la existencia de rotación absoluta (la distinción de marcos inerciales locales vs. marcos de referencia giratorios) está determinada por la distribución a gran escala de la materia, como lo ejemplifica esta anécdota: Estás de pie en un campo mirando las estrellas. Tus brazos descansan libremente a tu lado, y ves que las estrellas distantes no se mueven. Ahora empieza a girar. Las estrellas giran a tu alrededor y sientes que tus brazos se alejan de tu cuerpo. ¿Por qué se deben alejar los brazos de tu cuerpo cuando las estrellas giran? ¿Por qué deberían estar colgando libremente cuando las estrellas no se mueven? El principio de Mach dice que esto no es una coincidencia, que hay una ley física que relaciona el movimiento de las estrellas distantes con el marco inercial local. Si ves todas las estrellas girando a tu alrededor, Mach sugiere que hay alguna ley física, llamada momento angular, que haría que sientas una fuerza centrífuga.

Así, el giro es omnipresente en el Universo. Pero, ¿cuáles son los objetos giratorios más grandes del Universo? Escribiendo en *Nature Astronomy*, Peng Wang y colaboradores presentan la primera evidencia observacional de que los filamentos de galaxias, estructuras de materia de cientos de millones de años luz de diámetro, están girando. Estos filamentos se extienden cientos de millones de años luz y están formados por miles de galaxias que giran como sacacorchos gigantes. Los filamentos cósmicos son las estructuras más grandes conocidas del universo y contienen la mayor parte de la masa del universo. Estas densas y delgadas hebras de materia oscura y galaxias canalizan la materia hacia los cúmulos de galaxias en el extremo de cada hebra. Esto los convertiría en los objetos observados más grandes conocidos que tengan momento angular. En lugar de distribuirse aleatoriamente, las galaxias y la materia en el Universo en general se organizan a la escala más grande (megaparsec) en una estructura llamada red cósmica. Esta red está hecha de vacíos gigantes separados por paredes y

para formar nodos, que son los hogares de algunos de los cúmulos más masivos de galaxias. Tal distribución de la materia en nuestro Universo ha sido predicha por el modelo cosmológico estándar y revelada y estudiada en las últimas décadas por grandes estudios de galaxias junto con simulaciones numéricas. Hoy se entiende que esta estructura es el resultado del crecimiento lineal de las fluctuaciones iniciales de la materia generadas en el Universo temprano, potenciadas más tarde por el colapso gravitacional. En esta web cósmica, la formación sucesiva de paredes, filamentos y nodos induce los flujos cósmicos a gran escala. La materia a gran escala es expulsada de los vacíos hacia las paredes circundantes para luego fluir dentro de las paredes hacia los filamentos, donde termina convirtiendo su movimiento orbital alrededor de la formación de halos y galaxias en giro. Por lo tanto, se predice que el flujo de materia dentro de la red cósmica, y los filamentos en particular, exhibirá una compleja estructura helicoidal. Se espera que las galaxias que se forman a través de la acumulación de esta materia se vean afectadas por su dinámica a gran escala. Durante el colapso de dos paredes que conducen a la formación de un filamento, parte del momento angular que se pierde en el movimiento transversal contribuye al giro de las galaxias que se forman dentro de ese filamento. Además de proporcionar una explicación de por qué y cómo las galaxias construyen su disco a partir del movimiento de la entrada filamentososa de gas frío, este trabajo teórico también explica el por qué las galaxias en formación alinean sus espines con los filamentos vecinos.

Las líneas de campo de velocidad de partículas de materia oscura (líneas azules delgadas) junto con el campo de vorticidad (flechas rojas y azules que se muestran en la imagen ampliada) muestran la complejidad de la dinámica a gran escala de la materia. Estos senderos convergen primero hacia los filamentos y luego a lo largo de los filamentos hacia las densidades locales donde se forman halos y galaxias. Su movimiento explica tanto el rizo multipolar del flujo filamentososo como el giro de los objetos formados dentro de esos filamentos. La sección transversal de la vorticidad perpendicular a un filamento (mostrada en planos blancos) revela una estructura cuadrupolar característica. Wang et al. apilan casi 20,000 filamentos reconstruidos a partir de la distribución de cientos de miles de galaxias en el Universo local, a menos de mil millones de años luz de la Tierra, mapeados por el Sloan Digital Sky Survey. Como cada uno de estos filamentos identificados se puede aproximar por un rectángulo en el cielo, son capaces de medir la diferencia media de corrimiento al rojo entre galaxias a cada lado del filamento, lo que se considera un proxy de la diferencia de velocidad de la línea de visión y, por lo tanto, de la señal de giro del filamento. Además, se revela que la fuerza de la señal de rotación



CHRISTOPHE PICHON.

FIG. 1: UNA ilustración de los filamentos de la banda cósmica que rastrea la distribución de la materia en una simulación numérica.

námicamente "fríos" como para los filamentos conectados a cúmulos masivos en sus extremidades, lo que proporciona más evidencia de un efecto físico en lugar de uno sistemático. Para obtener una mejora a dicha confirmación, los astrónomos necesitan mapear con precisión la distribución a gran escala de la materia trazada por galaxias en volúmenes más grandes y con mayor profundidad. Se podría lograr una mejora adicional mediante el uso de velocidades peculiares de galaxias

individuales que permitan minimizar algunos de los efectos sistemáticos, por ejemplo, la expansión del Universo. Alternativamente, uno puede inferir la señal de rotación de la distribución de gas dentro y alrededor de los filamentos. La combinación de futuros estudios espectroscópicos de velocidad peculiares y otras instalaciones de levantamiento de cielo a gran escala, como TAIPAN o 4MOST, contribuirá sustancialmente a estos esfuerzos en los próximos años.

Referencias

- Wang, P., Libeskind, N.I., Tempel, E., Kang, X. & Guo, Q. "Possible observational evidence for cosmic filament spin", *Nat. Astron.* 5, pp 839-845, (2021) <https://doi.org/10.1038/s41550-021-01380-6>
- Q Xia, MC Neyrinck, YC Cai, MA Aragón-Calvo, "Intergalactic filaments spin", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 506 (1), 1059-1072 (2021)
- Video de un filamento rotando: <https://www.youtube.com/watch?v=A-LxawLuWIM>
- Visualización de una red cósmica de filamentos: <https://videos.space.com/m/FOUStBik/fly-through-an-amazing-cosmic-web-visualization>

NUMERO 25 ABRIL-MAYO-JUNIO DE 2021

Biotechnología en MOVIMIENTO

REVISTA DE DIVULGACIÓN DEL INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA DE LA UNAM

Cinco nuevas patentes del IBt

El guardián del genoma
Semana de Pantallas Abiertas
Diabetes y fertilidad de espermatozoides
Nanotecnología para la agricultura

Disponible en www.ibt.unam.mx

UNAM Instituto de Biotecnología